JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	研究開発基盤に関する政策提言に向けた検討
Author(s)	中川，尚志；有本，建男；大塚，進；小山田，和仁；永野，智己；林，信濃；波羅，仁；前田，知子；松尾，敬子
Citation	年次学術大会講演要旨集，32：692-695
Issue Date	2017-10-28
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/14841
Rights	本著作物は研究・イノベーション学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Research Policy and Innovation Management.
Description	一般講演要旨

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

２Ｇ０８

研究開発基盤に関する政策提言に向けた検討

○中川尚志, 有本建男, 大塚進, 小山田和仁, 永野智己, 林信濃, 波羅仁, 前田知子, 松尾敬子
（（国研）科学技術振興機構）

1. 背景及び目的

（国研）科学技術振興機構研究開発戦略センター（以下、CRDS）では、科学技術イノベーション政策の俯瞰[1]から、研究基盤整備に着目し、政策提言に向けた調査分析を進めてきた[2]。ここでは、その検討状況について報告するが、CRDS としての本提言は年度内に発表する予定である。

研究開発基盤が科学技術イノベーション政策（以下、STI 政策）の推進にあたって、重要な基盤であることは科学技術基本計画を始め様々な法令、方針で指摘されているとおりである。科学技術基本計画に記載されているその対象範囲も、研究施設・設備の整備から共用化、共通基盤技術、知的基盤・情報基盤整備まで、幅広いものである。しかしながら、これらの分野に関する政策研究や基礎データの蓄積は十分とは言えず、研究開発基盤の実態把握や政策立案におけるエビデンスが不足している可能性がある。CRDS での検討では、このうち、審議会等での議論や研究施設・設備の担当者等の取材から優先度の高い問題として、研究設備・機器（図２参照）及びそれに関する業務を行う専門家に絞って検討を進めることとした。

2. 検討すべき課題群

研究設備・機器及び人材について、これまでの検討で抽出された課題の主なものは以下のとおりである。

- 大学等公的研究機関における研究設備・機器の課題
  - 基盤的経費の減少による計画的な機器更新が困難
  - 次世代計測機器導入の遅れ
- 日本の研究開発基盤を支える科学技術関係人材の課題
  - 大学等における技術系専門職の位置付けの明確化
- 計測機器開発プロジェクトの停滞
  - ✧ 先端計測分析技術・機器開発プログラム　2004 年度～　（新規採択は 2016 年度まで）
  - ✧ 個別機器開発[3]
    - 超高感度 NMR 開発　2003～07 年度[4]
    - 電子顕微鏡　2004～09 年度[5]
    - 分子イメージング　2005～14 年度[6]
- 共用プラットフォーム施策における課題

このうち、次世代計測機器導入の遅れの例としてクライオ電子顕微鏡（以下、電顕）について、CRDS 俯瞰報告書からの抜粋[7]を紹介する。なお、通常、CRDS 俯瞰報告書では、技術動向の解説にとどめるものが多いが、このように、日本における課題や解決方策まで言及することは珍しく、課題の深刻

---

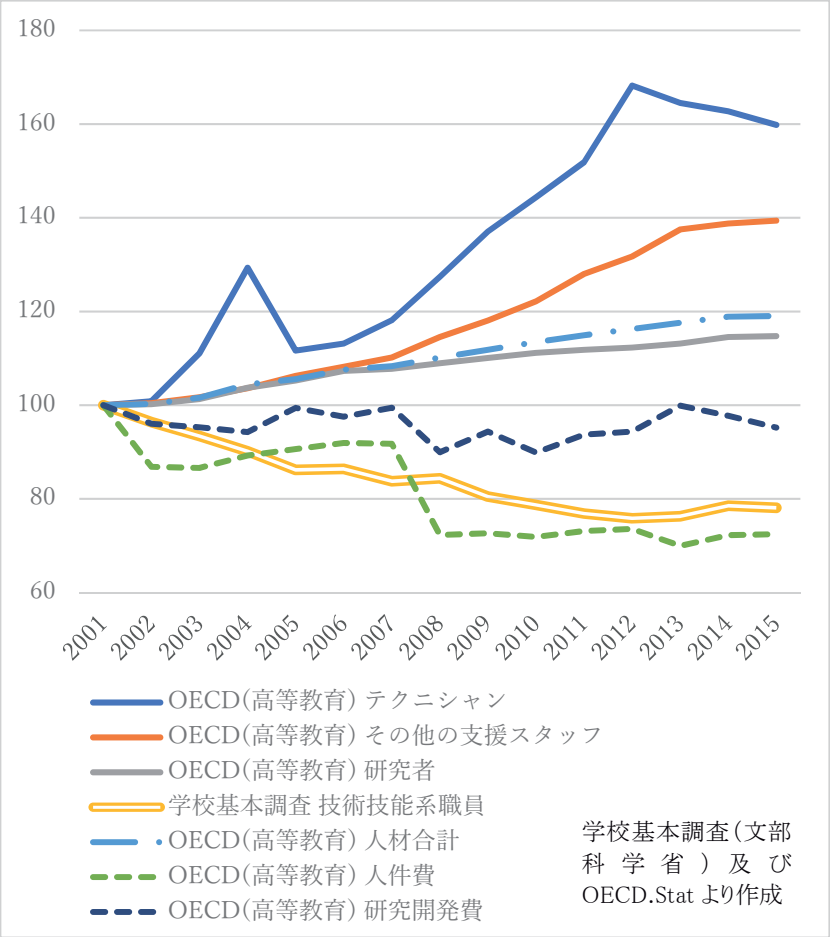
[1] (中間報告書)「科学技術イノベーション政策政策の俯瞰～科学技術基本法の制定から現在まで～」（2015 年 2 月 CRDS）
[2] 第 30 回年次学術大会(2015)「大学等の研究基盤を支えるイノベーション人材　−研究技術支援人材−」,第 31 回年次学術大会(2016)「技術専門職実態調査から見える大学等の研究基盤を支えるイノベーション人材に関する状況と課題」(発表は共に江端新吾氏(北大))
[3] その他、「最先端研究開発支援プログラム（FIRST, 2009～13 年度）においても「次世代質量分析システム開発と創薬・診断への貢献」（中心研究者：田中耕一氏）、「原子分解能・ホログラフィー電子顕微鏡の開発とその応用」（中心研究者：外村彰氏、中心研究者代行：長我部信行氏）が行われている。
[4] 施策名：次世代の科学技術をリードする計測・分析・評価機器の開発　2002 年度補正予算からスタート。
[5] 施策名：ナノ計測・加工技術実用化開発(2004～06 年度),施策名：次世代の電子顕微鏡要素技術の開発(2006～09 年度)
[6] 施策名：分子イメージング研究プログラム(2005～09 年度),施策名：分子イメージング研究戦略推進プログラム(2010～14 年度)
[7] 研究開発の俯瞰報告書ライフサイエンス・臨床医学分野（2017 年）(なお、下線は筆者が付記したもの。)

さが伺える。

クライオ電子顕微鏡法については、国内では豊島、藤吉、難波らによる先駆的な研究により、二次元結晶、らせんｈｈ対称性の構造体の原子分解能での構造決定が他国を先行してなされてきた。しかしながら、2011 年頃より実用化され始めた電子直接検出器（DED）による画像取得がブレークスルーとなり、結晶や対称性を必要としない、単粒子解析と呼ばれる方法が確立された。（略）しかしながら、前述の DED は現状では Gatan 社製 K2 summit および FEI 社製 Falcon シリーズのみであり、搭載した生物用クライオ電子顕微鏡は国内でも理化学研究所を含めまだ７台ほどしか導入されていない。このため、日本は近年の原子分解能構造決定の潮流に大きく乗り遅れている。さらに、原子構造決定には高画質データが大量に必要なため、その取得を可能にする自動撮影装置を備えた FEI 社の 300 kV クライオ電子顕微鏡 Titan KRIOS が事実上世界のスタンダードとなっている。しかし、国内で同機を生物試料用に導入した機関は大阪大学（３台）と沖縄科学技術大学院大学（１台）のみである（その全機が DED を装備）。世界では、同機がすでに 80 台以上導入されている現状を考えると、わが国の状況と遅れは深刻である。（略）短期的には世界の潮流に遅れないように FEI 社の最新鋭機の導入を加速するとともに、より長期的には国産の生物用クライオ電子顕微鏡装置やその周辺技術の開発に投資することが望まれる。また、言うまでも無いことに、ハードウェアの導入よりも遙かに重要なのが人材の育成である。そのためにも、クライオ電子顕微鏡の共同利用拠点の整備などを通して技術者と研究者の安定的な雇用を確保し、大学院教育などとも連動して持続的な生物用電子顕微鏡技術の継承と発展を図ることが強く望まれる。

もう一つの例として、科学技術関係人材における課題について紹介する。研究設備・機器に関する専門家について、一つのプロフェッショナル像としては、高度な技能・専門知識を持つ技術系専門職が考えられる。その職種の一つとして、大学・研究機関等の技術職が考えられる。ここで一つのデータとして、統計データのうち該当する職として最も近いと考えられる学校基本調査の「技術技能系職員」[8]の推移と OECD 統計の高等教育全体での研究開発関係人材の推移について紹介する。図１にあるとおり、高等教育全体の科学技術関係人材は 2001 年から 20%程度増加しており、それぞれの伸び率で見ると「テクニシャン」と定義される職種が大きく伸びている。一方、主に大学における技術系の定年制の職種である技術技能系職員は 20%程度減となっており、近年、減少は下げとまりつつあるように見える。ここから推察されるのは、2001 年以降、大学の基盤的経費が減少し、競争的資金が増加する中で、研究を支える技術系スタッフ[9]は、定年制の技術職員が減り、任期付雇用の技術系スタッフが増える（なお、ここでは、ポスドクか研究支援者・補助者かは区別できない。）、トレンドが続いてきたが、ここ数年は、それぞれの伸びが止まっており、任期付への振り替えが収まりつつあるということではないかと考える。

図１　2001 年を 100 とする高等教育における研究開発関係人材の増減



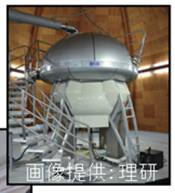
[8] 技術技能系職員には施設系職員も含まれる点に留意。
[9] ここでは、便宜上、任期付の有無、常勤非常勤、職種の呼称に関わらず、業務に携わる者を「スタッフ」と呼ぶことし、特に、事務等に従事する者と区別し、技術に関する業務を行う者を技術系スタッフと呼ぶ。「職員」はそのうち呼称に関わらず職種として職員として位置付けられている者を指すことする。

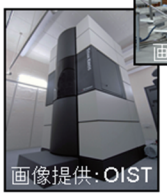
３．　次世代計測機器開発・導入及び持続可能な研究開発基盤の維持・運用・発展

本検討の中では、次に取り組むべき課題として、次世代計測機器[10]開発・導入を優先課題として考えている。前述のクライオ電顕の例に限らず、政府研究開発投資の伸び悩みなどから他の大型機器でも同様の問題が今後起こる可能性が高いと考えられる[11]。ここでの対象は、文部科学省の研究設備・機器共用に関する政策における制度の類型を踏まえ、超大型の特定先端大型研究施設から競争的資金等で研究室単位で購入、運用している機器までを４つに便宜的に類型化（図２）し、規模別に並べた中の２．大型や３．準大型を対象に考えており[12]、特に、研究現場でも危機感が強いものである。

図2　研究設備・機器共用政策における分類イメージ

1. **特定先端大型研究施設（共用法）/大規模学術フロンティア促進事業**
   例：SPring8、TMT
2. **大型研究設備・機器（共用プラットフォーム（10数億円～））**
   例：高磁場NMR、クライオ電顕
3. **準大型研究設備・機器（機器分析センター等（数千万円～数億円））**
   例：各種顕微鏡、質量分析器、X線回析
4. **中小型研究設備・機器（大学共用システム（～数千万円））**





これらは資金的にみても、従来は超高圧電顕のように通常予算の基盤的経費で順次整備されていたものが、近年は補正予算のタイミングでしか整備できない状況が続いているものであり、研究開発基盤の持続的な維持・運用・発展の障害となっている。また、欧米ではこれらのクラスの機器を大学等が企業と協力して開発し、大学等への次世代機の導入が進んでいる事例がある。日本においても、補正予算や特定の研究プロジェクトのタイミングにおいて結果として機器が整備されるのではなく、**研究施設、研究コミュニティ、計測機器メーカー等が一体となって開発を行うことにより、大学・国研等における機器整備が計画的、持続的に進む仕組みが必要であり、国の制度やファンディングもそれを支援する環境に変えていく必要がある**。その際、開発される計測機器の用途が、新たなサイエンスを切り開くハイスペックな研究用途を目指すものか、学術・産業問わず幅広いユーザーのニーズに応える使い勝手のよい機器を目指すものか、明確にすることが重要である。

その開発・運用体制も重要である。特に、前者の場合、サイエンスの動向などを踏まえ、新たなサイエンスを確立する研究戦略とともに、機器開発・導入・整備・運用を図る必要がある。計測分析は「マザーオブサイエンス」[13]とも呼ばれ、新たな計測分析技術から新しい研究分野が拓かれていくように、サイエンスの競争を勝ち抜くには世界に先駆けた計測分析技術・装置開発及び利用技術開発・体制整備が不可欠であるとともに、データや論文のみの評価だけでなく、計測分析への創意工夫、利用技術なども評価されていく環境が重要である（図３[14]）。近年、日本において研究コミュニティと計測

---

10 次世代計測機器：計測、測定、分析、情報処理及び周辺技術も含むシステムとしての機器。

11 企業の研究開発投資における機器購入等は統計上大きく減っているわけではないが、先端計測機器について、受託分析会社の活用など自社の研究所での購入が多くないケースなどが取材などで聞く。

12 超大型の施設や大規模学術プロジェクトはそれぞれ法に基づいた整備や学術ロードマップを踏まえた整備など国全体での整備の方針があり、一方、中小型など研究室レベルで整備・運用されている機器については、現状でも競争的資金等により確保されている面があるので、今回の対象からは除いている。

13 「現代科学が発展してきた歴史という原点に帰れば、「計測なき科学はない」ということである。DNA の二重螺旋の構造も、地球のオゾンホールの存在も、新たな科学の発見は、計測することによってブレークスルーされてきたわけである。まさに、計測技術は”mother of science“といえるだろう。そたがって、一流の研究者は計測プロセスや機器を大切に扱い、また、新たな計測手法の萌芽にまで踏み込む研究者である。計測技術の他者への依存は、新たな科学の発見、進展をどのように見据えているかという根本的な認識と繋がるのである。」（はじめに―新たなサイエンスを拓く計測技術の研究開発，CRDS センター長兼計測技術に関する横断グループ総括吉川弘之，計測・分析技術に関する諸外国の研究開発政策動向（2010 年 8 月，CRDS））
「計測分析はマザーオブサイエンス（科学の母）と呼ばれ、あらゆる研究開発に欠かせない技術です。これまでにない計測分析技術は、新しい発見をもたらすとともに、多くの研究成果に結びつきます。最先端の計測分析技術は、それを必要としている研究現場で磨かれることで、新たな開発につながり、ひいては学術や産業の発展に決定的な差をもたらすのです。まさしく「先んずれば制す」です。」（JSTnews2014 年 7 月号中村道治理事長メッセージ）

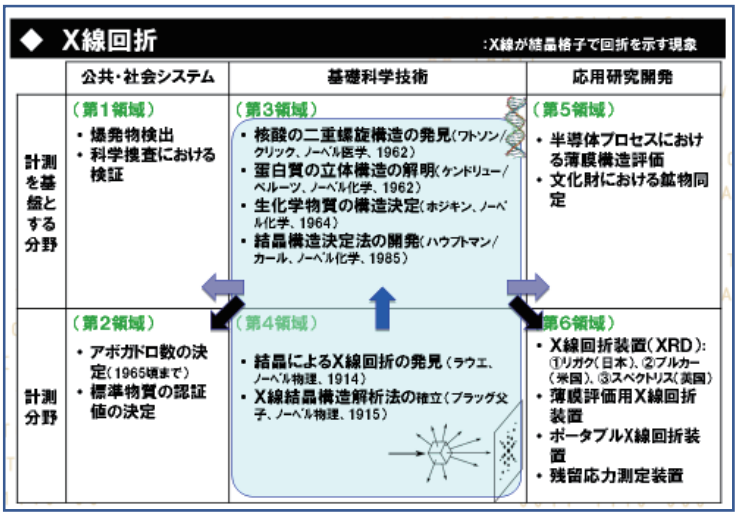
14 科学における未解決問題に対する計測ニーズの俯瞰調査(2011 年 3 月 CRDS）を元にした JASIS2017 における発表資料の一部
計測を基盤とする分野：測ることは別の目的を達成するための手段

機器メーカーの乖離[15]などの声もあり、サイエンスの振興の点からも新たな体制構築の検討が必要である。

一方、後者については、ユーザーニーズへの丁寧な対応が重要である。ナノテクノロジーを支える重要な共用設備・機器のネットワークであるナノテクプラットフォーム[16]では、年間 3000 件の利用があるが、そこから機器開発へのフィードバックの仕組みがないことが課題の一つとしてあげられている。

また、どちらの用途においても、施設を運営していく上での不可欠な技術系専門職の育成・確保が重要である。前述のとおり、定年制職員が減少する中で、大学等においては、技術職の組織化が進められると共に、技術のプロフェッショナルとして職種（職制）の確立に向けた取組が進められている。共用プラットフォームでは、スキル認定やキャリアパスの多様化（同種の装置間の組織移動）などの取組が始まっている。これらに改革は、まだ、先行例として、いくつかの大学、研究機関で取組が始まったばかりであり、これらの情報の共有を進めることで、各機関の経営戦略に応じた改革が進み、結果、日本の技術系専門職のプロフェッショナル化が進むことが望まれる。

図3　計測技術に関する研究開発の分類と波及効果の具体例



このような次世代計測機器開発と運用体制の整備については、現在、いくつかの目的に応じた共用プラットフォームが整備されており、これらを活用しつつ、研究、ユーザー、計測機器開発のそれぞれのコミュニティと研究施設が一体となった更なる体制・ネットワークの発展が望まれる。

4.　提案及び今後の予定

政策提言では、現在、以下の５点について、提案することを考えている。

（検討中の政策提言案）

1. **次世代計測機器開発と共用拠点形成**
2. **技術専門職（仮称）の確立**
3. **競争的資金等における機器購入を柔軟に活用し研究機関マネジメントと協調した先端機器導入と共用体制整備**
4. **産学官連携の更なる促進、人材の流動**
5. **社会に支持される研究インフラに向けた構想と協働**

今後は、この提案について、必要性、実行可能性など研究機関、行政機関等からヒアリングし、具体的な事例を紹介しつつ、政策提言の質と実現性を高めていく予定である。最終的な政策提言及び報告書は年度内にまとめ、CRDS ホームページ等で公開の予定である。また、研究開発基盤の維持・発展は、継続的な活動である。筆者ら CRDS は、提案のフォローアップとともに、本提案の検討を通じて可視化されたデータと研究者・実務担当者のネットワークの維持、充実に努めていきいたい。

計測分野：測ること自体のレベル向上が目的
第１領域：公共インフラ、テロ対策、防犯等の安心・安全の保障、社会の状況や関心の把握
第２領域：長さ、重さ、時間等の計量標準の設定
第３領域：生命、ナノ・物質、情報・通信、環境・エネルギーなど基礎科学の進展
第４領域：計測科学（計測工学、分析化学、ナノ計測、計測システムなど）の進展
第５領域：医薬、食品、素材、資源、電子機器、輸送機械等の産業発展・ベンチャー創出
第６領域：計測(機器、分析サービス等)の産業発展・ベンチャー創出
特に、第３領域及び第４領域はマザーオブサイエンス指向の領域。図はこれらの領域に具体例を当てはめたもの。

[15] NMR について次のような報告がある。「ライフサエンスを始めとする新しい適用分野では新規参入した海外メーカーが市場を占有し、さらに、その分野研究コミュニティーの囲い込みが進んだ結果、国産メーカーは化学工業分野以外での競争力で大きく遅れをとっており、研究分野においても海外メーカーと提携したユーザーが先端的な成果をより早く達成するという状況が世界的に続いている。」（「先端計測分析技術に関する俯瞰報告」2015 年 11 月科学技術・学術審議会先端研究基盤部会先端計測分析技術・システム開発委員会）

[16] http://nanonet.mext.go.jp/